

И. Е. РОДИОНОВ, Д. М. КАРЫШЕВ

ВЫБОР КОСВЕННОГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЙ НА НАГРЕВАНИЕ СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА В НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМАХ

Проведение тепловых испытаний синхронных компенсаторов в несимметричных режимах связано со значительными трудностями воссоздания трехфазной несимметричной нагрузки как на заводском испытательном стенде, так и в условиях эксплуатации. Во избежание этих трудностей прибегают к косвенным методам тепловых испытаний.

Руководствуясь допущениями¹, превышение температуры какой-либо части синхронного компенсатора над температурой окружающего воздуха в трехфазном несимметричном режиме можно выразить как

$$\Delta t_{3\text{ ф. несим}} = \Delta t_{3\text{ ф. сим}} + \Delta t_{I_2}, \quad (1)$$

где $\Delta t_{3\text{ ф. сим}}$ — перегрев, обусловленный потерями трехфазного симметричного режима при токе статора, равном току прямой последовательности рассматриваемого несимметричного режима;

Δt_{I_2} — перегрев, обусловленный потерями от тока обратной последовательности.

Задача состоит в выборе режимов, из которых с достаточной степенью точности можно выделить потери (и соответствующие им перегревы) от тока I_2 . Существует три таких режима:

1. Двухфазное короткое замыкание (к. з.).
2. Обратно-синхронное вращение (ОСВ).
3. Работа параллельно с сетью через две фазы.

В условиях эксплуатации наиболее простым для проведения является режим двухфазной работы параллельно с сетью (при разомкнутой третьей фазе).

¹ Г. К. Жерве. Промышленные испытания электрических машин, М. — Л., ГЭИ, 1969.

При этом

$$\Delta t_{I_1} = \Delta t_{\Sigma} - \Delta t_{\text{ст}} - \Delta t_{I_1} - \Delta t_{\text{ОВ}}, \quad (2)$$

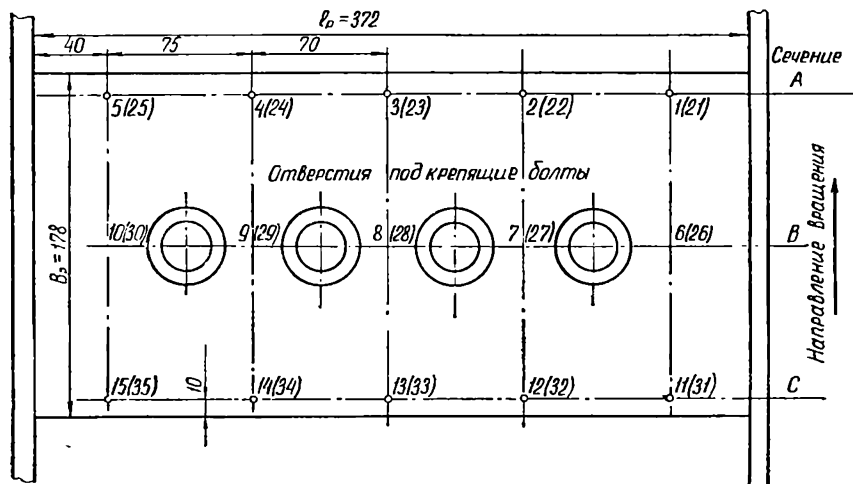
где Δt_{Σ} — экспериментально полученное значение перегрева;

$\Delta t_{\text{ст}}$ — перегрев от дополнительных потерь в стали;

Δt_{I_1} — перегрев от потерь, выделяемых током I_1 ;

$\Delta t_{\text{ОВ}}$ — перегрев от дополнительных потерь в обмотке возбуждения.

Приведенные составляющие результирующей величины перегрева могут определяться как экспериментальным, так и расчет-



Места установки термодатчиков на поверхности массивных полюсов (термодатчики 1—15 расположены на полюсе 2, 21—35 — на полюсе 4).

ным путем. К недостаткам двухфазного режима работы параллельно с сетью относится малая область изменения тока I_2 , так как потери, выделяемые полем обратной последовательности, существуют на фоне значительных потерь в стали, поскольку синхронный компенсатор работает при напряжении, близком к номинальному.

На заводском испытательном стенде могут быть реализованы все три режима.

В режиме двухфазного к. з. Δt_{I_1} находится как разность между экспериментально полученным значением перегрева и перегревом от потерь, выделяемых током I_1 в этом режиме. При проведении режима ОСВ $I_1 = 0$ и перегрев Δt_{I_1} проявляется в наиболее явном виде. Практическое осуществление этих двух режимов обусловлено только наличием на испытательном стенде приводного двигателя и не связано с работой энергосистемы.

Определение перегревов

Метод определения, Δt_{I_2}	А					
	Номера					
	1 21	2 22	3 23	4 24	5 25	6 26
Из режима двухфазного к. з.	48 41	107 —	123,5 108	132 114	78,5 62,5	49,5 54
Из режима ОСВ	48 41,5	108,5 —	124,5 108,5	133,5 115	77 62,5	49 55
Из режима двухфазной работы . . .	51 41	111,5 —	127,5 112	133,5 116,5	77 64	52,5 57
Реальный режим I	48,5 41	105 —	120,5 106	132 111,5	74 61	48,5 53
Из режима двухфазного к. з.	52 44,5	111 —	128 112,5	142 120	83 66	53 58,5
Из режима ОСВ	52 44,5	114,5 —	131 114	140 121,5	82 67	54,5 60
Из режима двухфазной работы . . .	61 49,5	127,5 —	146 127	152,5 131	90 75,5	62 67
Реальный режим II	34,5 45,5	112,5 —	129 115,5	144,5 119,5	83 69	56 61

Примечание. Превышение температур дано в °С. Данные режимов: I — $V_1=1,0$

Следует указать особенности выделения Δt_{I_2} из указанных выше режимов:

1. В режимах двухфазного к. з. и ОСВ в диапазоне изменения $I_2=0-0,5$ о. е. можно пренебречь потерями в стали статора и ротора и потерями в ОВ и, следовательно, не учитывать дополнительный нагрев от этих потерь.

2. Величина Δt_{I_2} , определенная из режима двухфазной работы параллельно с сетью, получается несколько завышенной по сравнению с действительной из-за дополнительного нагрева, обусловленного потерями в ОВ.

Предложенная методика была проверена на синхронной машине МС-92—4 (220 в, 157 а, 1500 об/мин, $\cos \varphi=0$) с массивными полюсами². На поверхности двух полюсных наконечников, где выделяется основная часть потерь от тока I_2 , было установлено 30 термопар типа медь-константан (см. рисунок). Величина

² Опыты проводились при участии инж. И. Н. Завадовского.

поверхности полюсов

В					С					Сред- нее от- клоне- ние, %
термопар										
7 27	8 28	9 29	10 30	11 31	12 32	13 33	14 34	15 35		
—	126	—	83,5	57	—	117,5	129,5	72,5	+2,4	
111,5	126	—	81	57	105	124,5	123,5	—		
—	126,5	—	84,5	58	—	118,5	129	73	+3,0	
111,5	126,5	—	81,5	58	106	125	125	—		
—	130,5	—	85	57,5	—	122	130	74	+4,9	
113	130	—	84	57,5	107	124,5	127,5	71,5		
—	123	131	81,5	55	—	115,5	127,5	70	—	
108	121,5	120,5	79	55	103,5	120	122	—		
—	133	—	89,5	62	—	123,5	138	78	—2,1	
118,5	133	—	85,5	63	111,5	131,5	132,5	—		
—	134,5	—	91,5	63	—	126	137	78	—1,0	
119	134,5	—	88,5	63	113	132,5	131,5	—		
—	147,5	—	99	69	—	140,5	149	87	+9,4	
132	144,5	—	98	69,5	124,5	143	143,5	84,5		
—	136	141,5	92,5	64,5	—	125,5	137	81	—	
120,5	132	134,5	86	65	116	133	132	—		

о. е.; $v_2=0$; $I_1=0,6$; $I_2=0,17$; $11-1,0$ о. е.; 0; 0,6; 0,26.

термоэ. д. с. замерялась компенсационным методом при вращении ротора с помощью специального токосъемника. Результаты проверки сведены в таблицу. В качестве контрольных были проведены два реальных трехфазных несимметричных режима. Полученные данные говорят о хорошей сходимости результатов предложенного способа определения превышений температуры поверхности полюсов в несимметричных режимах.

Таким образом, в условиях заводского испытательного стенда при проведении испытаний на нагревание косвенным методом следует отдать предпочтение режимам двухфазного к. з. и ОСВ.